

PENERAPAN MULTISISTEM SILVIKULTUR PADA UNIT PENGELOLAAN HUTAN PRODUKSI : TINJAUAN ASPEK EKOLOGI

Cecep Kusmana¹

¹ Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Jalan Lingkar Kampus, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

Abstract

Forest is a renewable resources having various benefits including products, environmental services and beautifulness of landscape. Therefore, forest must be managed using sustainable based principle to produce sustainably the maximum benefit. However, the practices of forest management by the companies of forest Concession have created the various qualities of Logged Over Area (LOA). According to the landscape point of view, LOA were composed of mosaics with various qualities of lands and stands having low productivity. Based on this phenomena, LOA had better to manage by a silviculture multisystem incording with local biophysical properties. This silviculture system should be implemented to improve the land productivity through minimizing soil disturbances, maintaining the supply of soil organic matters and biodiversity. Beside woods and by forest products, empirically forest ecosystem has an importan role in water preservation, CO₂ sequestration, and carbon storage.

Keywords: *Logged Over Area, Production Forest, Silviculture Multisystem*

Filosofi Ekologis Pengelolaan Hutan sebagai Renewable Resource

Hutan merupakan salah satu sumberdaya yang bersifat dapat dipulihkan (*renewable* atau *flow resource*). Oleh karena itu, pengelolaannya harus berdasarkan pada prinsip-prinsip *sustainable* (*sustainable based principle*) dari semua manfaat yang bisa diperoleh dari hutan sebagai sumberdaya sekaligus sebagai ekosistem.

Berhubung di alam ini antara ekosistem yang satu berinteraksi dengan ekosistem yang lain, maka konteks pengelolaan hutan harus berdasarkan pada anggapan bahwa hutan merupakan salah satu bagian integral dari ekosistem yang lebih besar dimana hutan tersebut berada, yaitu suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai satu kesatuan bentang darat.

Dalam rangka mencapai azas kelestarian (*sustainable*), laju ekstraksi sumberdaya hutan tidak boleh melebihi laju daya pemulihan dari ekosistem hutan tersebut. Dalam konteks penebangan kayu, besar volume kayu yang ditebang tidak boleh melebihi riap volume tegakan hutan, sedangkan dalam konteks pemanfaatan secara umum, pemanfaatan hutan sebagai ekosistem tidak boleh melebihi daya dukung maksimum dari ekosistem tersebut.

Secara ideal, derajat pemanfaatan hutan harus diupayakan pada tingkat daya dukung optimalnya atau paling tinggi berada pada kisaran nilai antara daya dukung optimal dengan daya dukung maksimumnya. Hal ini dimaksudkan agar pemanfaatan hutan tidak menimbulkan derajat gangguan lingkungan yang melebihi daya asimilatif dari ekosistem hutan tersebut.

Hutan dapat menghasilkan berbagai macam

barang (kayu dan hasil hutan non kayu) dan jasa lingkungan (air, oksigen, keindahan alam, penyerap berbagai polutan, dan lain-lain), sehingga hutan bersifat multimanfaat. Sehubungan dengan ini pengelolaan hutan seyogyanya tidak boleh memaksimalkan perolehan dari satu macam manfaat saja (misal kayu) dengan mengorbankan manfaat-manfaat lainnya, karena berbagai macam manfaat hutan tersebut merupakan satu kesatuan yang utuh. Hutan dapat secara berkelanjutan memberikan manfaatnya bila proses ekologis internal dalam ekosistem hutan tersebut tidak terganggu atau terganggu tetapi tidak menimbulkan *stress* ekologis yang bersifat *irreversible*. Oleh karenanya, ekosistem hutan harus dibuat tahan terhadap gangguan dengan cara mempertahankan keanekaragaman hayati (*biodiversity*) hutan yang tetap tinggi. Dengan demikian, pengelolaan hutan harus dilakukan secara tepat agar ragam dan derajat pemanfaatan hutan, yang tidak lain adalah berupa “tindakan gangguan” terhadap hutan, harus dilakukan sedemikian rupa agar tidak melampaui daya *recovery* dari ekosistem hutan yang bersangkutan sebagai respon terhadap gangguan tersebut.

Urgensi Ekologis Penerapan Multisistem Silvikultur pada Unit Pengelolaan Hutan Produksi Indonesia

Menurut Departemen Kehutanan (2005), Kawasan Hutan Indonesia saat ini seluas 120,35 juta ha dimana telah ditunjuk oleh Menteri Kehutanan seluas 109,9 juta ha. Kawasan hutan tersebut terdiri atas hutan konservasi seluas 23,24 juta ha, hutan lindung seluas 29,1 juta ha, hutan produksi terbatas seluas 16,21 juta ha, hutan produksi seluas 27,74 juta

ha, dan hutan produksi yang dapat dikonversi seluas 13,67 juta ha. Selanjutnya dilaporkan bahwa sampai dengan tahun 2002 luas kawasan hutan yang terdegradasi tercatat seluas 59,7 juta ha, dengan laju deforestasi berkisar antara 1,6 juta hingga 2,5 juta ha per tahun (Baplan 2002 dalam Nawir *et al.* 2008). Kartodihardjo dan Supriono (2000) melaporkan bahwa pada tahun 2001 terdapat 361 perusahaan HPH yang masih aktif dengan luas areal operasi sekitar 36,42 juta ha. Jumlah perusahaan HPH tersebut hanya sekitar 55% dari jumlah perusahaan HPH (sebanyak 652) pada tahun 1998. Pengelolaan hutan oleh para pengusaha HPH tersebut telah menciptakan areal hutan bekas tebangan dengan kualitas tegakan yang sangat beragam. Pada beberapa lokasi areal hutan bekas tebangan ini menjadi sangat terdegradasi sehingga menjadi lahan kritis karena areal-areal tersebut telah mengalami intensitas penebangan yang tinggi yang diperparah oleh adanya praktek penebangan liar oleh pihak lain dan/atau kebakaran hutan atau diakibatkan oleh faktor alamiah seperti longsor dan banjir bandang. Kondisi semacam ini telah menciptakan suatu situasi dimana areal-areal hutan bekas tebangan HPH berupa kawasan hutan yang secara lanskap tersusun oleh mosaik-mosaik dengan kualitas lahan dan tegakan yang beragam, yang umumnya secara keseluruhan berubah menjadi lahan yang rendah produktivitasnya.

Mosaik-mosaik yang terbentuk pada kawasan hutan tersebut secara alamiah ada yang bisa pulih seperti semula, baik dalam waktu yang relatif cepat maupun dalam waktu yang relatif lambat, ada yang mengalami suksesi menjadi masyarakat tumbuhan yang secara fisiognomi berbeda dengan masyarakat tumbuhan seperti semula, ada yang bersifat disklimaks, bahkan mungkin ada mosaik yang berupa tanah kosong yang tandus. Oleh karena itu, pengelolaan kawasan hutan produksi yang sudah berupa mosaik tersebut sangat rasional kalau menggunakan lebih dari satu sistem silvikultur atau menggunakan multisistem silvikultur sesuai dengan heterogenitas kualitas lahan/tegakan dari mosaik tersebut.

Persyaratan Ekologis Penerapan Multisistem Silvikultur

Berhubung Indonesia termasuk kedalam wilayah tropis, maka sedikitnya ada tiga prinsip persyaratan ekologis pengelolaan ekosistem hutan dengan multisistem silvikultur, yaitu

1. Meminimasi gangguan terhadap tanah

Kondisi iklim daerah tropis yang kondusif untuk pertumbuhan dan perkembangan berbagai jenis mikroorganisme tanah menyebabkan proses pelapukan serasah berjalan secara terus menerus dengan laju yang cukup tinggi untuk menghasilkan bahan organik tanah yang selanjutnya berubah menjadi unsur hara bagi tumbuhan melalui proses mineralisasi. Kondisi tanah tersebut bersifat fragil terhadap gangguan pengurangan/penghilangan tutupan vegetasi,

karena kalau tutupan vegetasi berkurang signifikan atau hilang sama sekali (misal karena *deforestasi* atau kebakaran) maka bahan organik tanah, terutama humus, akan cepat hilang terbawa *surface run-off* air hujan, sehingga secara perlahan-lahan tanah menjadi miskin hara. Oleh karena itu, dalam upaya pengolahan lahan, gangguan terhadap struktur tanah harus diusahakan seminimal mungkin untuk menghindari kehilangan unsur hara (*nutrient*) akibat *surface run-off*. Upaya pengelolaan lahan dengan cara *minimum tillage*, *manual clearing*, dan penggunaan herbisida dalam persiapan lahan menyebabkan sedikitnya kehilangan unsur hara dari tanah, sehingga menunjang upaya konservasi unsur hara pada tanah hutan yang bersangkutan (Jordan 1985, Vitousek dan Matson 1984, Lal 1981b).

2. Memelihara ketersediaan bahan organik tanah

Semua upaya peningkatan produktivitas lahan pada prinsipnya merupakan upaya meningkatkan jumlah persediaan bahan organik tanah. Bahan organik tanah (BOT) merupakan *natural slow-release fertilizer* yang berperan sebagai *reservoir* penyimpan *nutrient* dan beragam komunitas mikroba aktif. Mikroorganisme tersebut sangat penting dalam mencegah kehilangan *nutrient* dan memasok *nutrient* terhadap tanaman, karena aktivitas mikroba menghasilkan *nutrient* secara perlahan (sedikit demi sedikit) tapi kontinyu dalam bentuk yang dapat diserap tanaman (*soluble form*). Dengan demikian metoda pengolahan lahan yang harus diterapkan adalah metoda yang membiarkan ekosistem di bawah tanah tidak terganggu atau metoda yang memungkinkan cepat pulihnya ekosistem di bawah tanah dari gangguan. Sehubungan dengan ini, Wade dan Sanched (1983) menyarankan penggunaan mulsa (*mulching*) dan pupuk hijau (*green manure*) sebagai pengganti penggunaan pupuk inorganik dalam budidaya pertanian intensif di daerah tropis sebagai upaya mengkonservasi *nutrient*.

3. Mempertahankan keanekaragaman

Suatu komunitas tumbuhan yang secara struktural mempunyai keanekaragaman jenis yang tinggi atau suatu komunitas yang bersifat *Polyculture* akan memperlihatkan fenomena "*overyielding*" bila dibandingkan dengan komunitas *monoculture*. Beberapa kelebihan *polyculture* tersebut adalah sebagai berikut:

- Secara struktural komunitas tumbuhan dengan jenis beragam atau *polyculture* dapat memanfaatkan energi cahaya matahari lebih besar daripada *monoculture* karena kompleksnya susunan jarak dan tata daun dari masyarakat tumbuhan yang menyusun komunitas tersebut.
- Keanekaragaman jenis membatasi

pertumbuhan secara eksponensial dari populasi serangga herbivora karena secara spasial tanaman inang terpisah satu sama lain dan habitat yang beragam mendukung populasi predator yang beragam dalam jumlah yang relatif lebih besar. Selain itu, dalam suatu *polyculture* umumnya hadir jenis-jenis tumbuhan yang bersifat alelopatik yang mengeluarkan zat-zat allelokimia yang bersifat racun bagi beberapa jenis serangga herbivora dan gulma.

- c) Keberadaan banyak jenis tumbuhan dalam suatu komunitas akan menjamin permukaan tanah tertutup vegetasi sepanjang waktu.
- d) Suatu komunitas *polyculture* akan mempunyai produksi primer yang relatif besar karena adanya interaksi mutualistik diantara spesies yang ada.
- e) Kehadiran beragam jenis pohon pada komunitas *polyculture* akan memperkaya unsur hara topsoil dengan unsur-unsur hara yang dibebaskan oleh pelapukan batuan induk dan bahan organik yang terpendam di tanah yang cukup dalam melalui penyerapan unsur hara tersebut oleh akar-akar tunjang yang menembus kedalam tanah tersebut. Proses pengayaan unsur hara dari topsoil tersebut terjadi melalui guguran serasah pohon yang bersangkutan ke permukaan tanah.
- f) Beragam jenis tumbuhan pada komunitas *polyculture* akan mempunyai sistem perakaran yang kompleks yang berkembang baik di dalam tanah dengan kedalaman yang berbeda-beda. Sistem perakaran tersebut umumnya mengandung proporsi akar halus (yang berperan menyerap unsur hara) yang relatif besar dan akar tanaman dari berbagai kelas ukuran yang efektif untuk mencegah terjadinya longsor dan erosi. Selain itu, sistem perakaran tersebut memungkinkan penyerapan unsur hara dari seluruh horizon tanah yang ada.

4. Ukuran dan bentuk areal yang diganggu

Di daerah tropika, pembersihan lahan atau pemanenan hutan dalam ukuran yang relatif kecil yang tersebar di dalam suatu hamparan hutan atau hamparan kanopi vegetasi yang padat atau pemanenan hutan dalam bentuk strip (jalur) menyebabkan berkurangnya erosi dan kehilangan unsur hara, akibat *surface run-off*. Selain itu, vegetasi pada jalur yang tidak ditebang akan menangkap unsur hara yang tercuci, sehingga secara keseluruhan kehilangan unsur hara dari ekosistem tersebut menjadi relatif kecil (Jordan 1985). Apabila pada daerah hulu sungai dilakukan penebangan hutan atau bentuk pemanfaatan lahan lainnya, maka pembangunan hutan sepanjang sungai atau saluran air yang ada merupakan suatu keharusan untuk upaya konservasi unsur hara.

Adapun keharusan relatif kecilnya areal hutan yang diganggu (ditebang), baik oleh praktek penebangan maupun pemanfaatan lain, akan memberikan peluang pada komunitas tumbuhan untuk cepat pulih dari gangguan dan memungkinkan penyebaran benih (biji) dan propagul mikoriza oleh burung dan mamalia ke areal yang terganggu (Jonson 1983).

Pembangunan Hutan Dan Peningkatan Kualitas Lingkungan

Hutan dan keseimbangan air . Pembangunan hutan dapat menjaga keseimbangan air jika pembangunan hutan dilaksanakan secara bijaksana dengan memperhatikan:

1. Jenis pohon yang ditanam disesuaikan antara tingkat transpirasi jenis tersebut dengan jumlah curah hujan areal penanaman. Misalnya jika jenis yang ditanam mempunyai evapotranspirasi sebesar 3000 mm/th, maka jenis tersebut hanya dapat ditanam pada daerah dengan curah hujan > 3000 mm/th, karena jika ditanam pada daerah dengan curah hujan < 3000 mm/th, maka daerah tersebut akan mengalami defisit air.
2. Penanaman hutan sebaiknya menciptakan strata tajuk, minimal ada dua strata, yaitu strata kanopi pohon dan strata tumbuhan penutup tanah. Dengan kombinasi bentuk daun yang runcing dan sempit serta dengan adanya strata tajuk tersebut dapat memperkecil massa dan kecepatan butir air hujan yang jatuh ke lantai hutan. Jika lantai hutan penuh dengan tumbuhan penutup tanah, serasah dan humus, maka pembangunan hutan tersebut dapat mengurangi aliran permukaan (air larian) dan dapat meningkatkan infiltrasi air (suplesi air). Dengan berkurangnya air larian dan meningkatnya suplesi air maka pembangunan hutan dapat mengurangi bahaya banjir dan erosi serta meningkatkan air simpanan (air tanah).

Pada lahan kritis atau tanah kosong (tidak bervegetasi) air menguap dari permukaan tanah dan diganti oleh air dari bawahnya, laju penguapan lebih tinggi daripada laju naiknya air, sehingga tanah cepat kering dan laju penguapan menurun. Tanah kosong yang ditutupi serasah, laju penguapannya lebih kecil karena serasah menghalangi penguapan air. Namun pada tanah berhutan, lengas tanah diserap oleh perakaran dibawa ke daun, karena permukaan daun yang luas dan perakaran yang ekstensif sehingga laju penyerapan dan penguapan air lebih besar dibandingkan dengan tanah kosong dan tanah kosong yang ditutupi serasah.

Hutan juga menahan air hujan yang jatuh, air hujan yang jatuh tertahan oleh tajuk (intersepsi), air intersepsi menguap kembali ke udara. Pada hujan yang tidak lebat seluruh air hujan dapat diintersepsi, makin besar tajuk dan biomassa makin banyak air hujan yang diintersepsi. Banyaknya hujan yang diintersepsi bervariasi 10-40% (Soemarwoto 1991). Setelah tajuk hutan jenuh air, baru air hujan jatuh

atau menetes dari tajuk sebagai air lolos. Sebagian hujan mengalir melalui batang (aliran batang) dan selanjutnya mengalir ke tanah. Aliran batang dan air lolos akhirnya sampai lantai hutan sebagai curahan atau presipitasi. Air di lantai hutan diserap serasah dan humus (intersepsi serasah). Setelah serasah jenuh dengan air, sebagian air akan mengalir di atas permukaan tanah sebagai air larian. Sebagian air meresap ke tanah mengisi ruang tanah menjadi air simpanan, pengisian air simpanan disebut suplesi. Suplesi diperbesar/dipermudah kalau ada serasah (ada intersepsi oleh serasah) karena tanah menjadi gembur akibat aktivitas makhluk hidup tanah. Makin besar suplesi, maka makin kecil, baik air larian maupun aliran air sungai. Pembuangan serasah dapat meningkatkan air larian sebesar 4% (Soemarwoto 1991).

Air simpanan adalah sumber untuk aliran air dalam jangka panjang, sebagian keluar melalui mata air dan menambah aliran air. Hutan dapat pula mengurangi air simpanan melalui evapotranspirasi, sehingga hutan mempunyai dua pengaruh yang berlawanan terhadap besarnya aliran dasar. Hutan dapat meningkatkan suplesi air, tetapi hutan juga mengurangi air simpanan karena evapotranspirasi, hal ini sangat terasa pada musim kemarau.

Di Amerika Serikat, konversi hutan campuran berdaun lebar menjadi hutan pinus telah menyebabkan penurunan aliran air, yaitu pada umur 23 tahun hutan tersebut menurunkan aliran air 20-25 cm atau 20% aliran air sebelum konversi (Soemarwoto 1991). Umumnya pembangunan hutan menambah aliran air pada waktu hutan masih muda, setelah dewasa pengaruh tersebut menurun. Konversi hutan untuk pemukiman, industri, dan jalan mengakibatkan peresapan (suplesi) air menurun, sehingga air larian dan aliran air meningkat, sehingga volume air simpanan menurun, kapasitas mata air menurun dan aliran dasar akan menurun (bahkan mengering) akibatnya sungai dari perennial (mengalir tahunan) menjadi sungai periodik (musiman). Sumurpun tidak dapat diandalkan terutama musim kemarau.

Pada reboisasi dan penghijauan lahan kritis menjadi hutan yang berhasil, maka laju evapotranspirasi dan suplesi air simpanan akan meningkat. Reboisasi dan penghijauan yang berhasil akan menaikkan peresapan air, sehingga air simpanan naik untuk memasok mata air dan sumur, walaupun sebenarnya aliran air total berkurang karena naiknya laju intersepsi dan evapotranspirasi. Jika pembangunan hutan menggunakan jenis yang mempunyai evapotranspirasi yang tidak cocok, maka tidak akan meningkatkan air simpanan karena air simpanan habis terpakai oleh evapotranspirasi. Transpirasi selain tergantung pada jenis tumbuhan juga tergantung pada tingkat kesuburan tanah, semakin subur tanah semakin tinggi laju transpirasi.

Dalam suatu DAS, indikasi DAS yang rusak adalah jika aliran maksimumnya (Q_{maks}) besar dan aliran minimumnya (Q_{min}) kecil, sehingga nisbah

Q_{maks}/Q_{min} besar. Sebagai contoh Soemarwoto (1991) melaporkan bahwa DAS Citanduy mempunyai nisbah Q_{maks}/Q_{min} dari 813:1 tahun 1968 menjadi 27:1 tahun 1983, jadi reboisasi berhasil, tetapi aliran air tahunan turun drastis dari 9.300 juta m^3 tahun 1968 menjadi 3.500 m^3 tahun 1983. DAS Citarum tahun 1919-1923 rata-rata 47% CH nya menjadi aliran air dan pada 1970-1975 meningkat menjadi 52%. Aliran air naik karena luas hutan menurun sekitar 33% tahun 1960.

Hutan dan pengendalian banjir serta erosi. Pembangunan hutan dapat mengendalikan banjir dan erosi jika dilaksanakan secara bijaksana dengan memperhatikan:

1. Pembangunan hutan mengikuti strata tajuk dan pohon yang ditanam mempunyai bentuk daun kecil dan ujung meruncing, maka dapat memperkecil massa dan kecepatan butir air hujan yang jatuh ke lantai hutan yang dapat menyebabkan erosi percikan.
2. Pembangunan hutan dengan menjaga keberadaan tumbuhan penutup tanah, serasah, dan humus yang dapat mengurangi aliran permukaan (air larian) dan dapat meningkatkan infiltrasi air (suplesi air). Dengan berkurangnya air larian dan meningkatnya suplesi air, maka pembangunan hutan dapat mengurangi bahaya banjir dan erosi serta meningkatkan air simpanan (air tanah).
3. Pembangunan hutan tidak dilakukan pada tanah yang tidak stabil (karena kemiringan dan topografi tinggi) serta mempunyai sifat erosivitas tinggi (jenis dan sifat tanah yang mudah tererosi), maka pembangunan hutan tidak akan meningkatkan bahaya erosi, banjir, dan tanah longsor.

Pembangunan hutan dapat menurunkan koefisien air larian. Koefisien air larian 0, jika semua curah hujan meresap ke dalam tanah, sedangkan koefisien air larian 1 jika semua curah hujan mengalir sebagai air larian. Pengelolaan hutan yang baik dapat memperkecil koefisien air larian sehingga dapat mengurangi bahaya banjir, erosi dan tanah longsor. Karenanya jika hutan dikonversi menjadi penggunaan non kehutanan yang berada di wilayah hulu, maka dapat menimbulkan banjir bandang. Resiko banjir tersebut akan menjadi lebih besar oleh faktor topografi yang curam dan curah hujan yang tinggi.

Dengan demikian hutan dapat mengurangi resiko banjir melalui:

1. Intersepsi hujan oleh tajuk dan serasah yang akibatnya dapat mengurangi jumlah air hujan sampai tanah (presipitasi efektif).
2. Peresapan air ke dalam tanah diperbesar sehingga air larian menjadi kecil, namun jika hujan deras berlangsung dalam waktu yang lama banjirpun akan terjadi, tetapi naiknya banjir pelan-pelan bukan banjir bandang.
3. Pada tanah gundul yang padat resiko terjadinya banjir bandang menjadi besar.

Erosi air disebabkan oleh energi dalam benda yang bergerak, yaitu energi kinetik. Besarnya energi kinetik tergantung pada massa benda yang bergerak dan kecepatan gerak, makin besar ukuran benda yang bergerak dan semakin cepat kecepatan benda bergerak, maka makin tinggi energi kinetik yang terjadi. Butir air hujan yang jatuh dari awan atau tajuk pohon (air lolosan) mempunyai massa dan kecepatan. Massa butir air ditentukan oleh berat jenis dan volume. Butir air lolosan mempunyai volume lebih besar daripada air hujan, sehingga energi kinetiknya lebih besar pula. Besarnya volume air lolosan ditentukan oleh lebar dan bentuk ujung daun penetes, makin lebar ujung daun penetes makin besar volume air lolosan, air lolosan yang jatuh dari daun bambu mempunyai volume lebih kecil dibandingkan air lolosan pada jambu biji (karena daun bambu sempit dan runcing, sedangkan daun jambu biji bulat dan tumpul). Makin tinggi intensitas hujan makin besar pula diameter air hujan. Makin tinggi intensitas hujan, makin besar erosi hujan, karena volume dan kecepatan terminal butir air hujan yang makin besar. Oleh karena itu, dengan pemilihan jenis pohon yang mempunyai daun sempit dan runcing serta adanya strata tajuk dapat mengurangi massa dan kecepatan air lolosan yang jatuh. Dikombinasikan dengan adanya tumbuhan penutup tanah, serasah dan humus, maka dapat memperkecil erosi percikan, sehingga dapat mengurangi peluang timbulnya erosi tanah.

Hasil penelitian Irsyamudana (2004) di Sumberjaya Lampung, salah satu contoh kasus dari perubahan fungsi hutan menjadi lahan pertanian menunjukkan bahwa laju infiltrasi tertinggi pada hutan sebesar 5,2 mm/detik dan terendah pada sistem kopi monokultur sebesar 2 mm/detik. Limpasan permukaan dan erosi tertinggi terdapat pada kopi monokultur, yaitu 141,9 mm dan 272,8 g/m². Sedangkan limpasan dan erosi terendah terdapat pada sistem hutan yaitu 36,9 mm dan 208,8 g/m². Jadi fungsi hutan sebagai lahan konservasi belum dapat digantikan oleh sistem lain. Widiyanto *et al.* (2004) melakukan penelitian untuk memahami secara kuantitatif perubahan perilaku limpasan permukaan dan erosi akibat alih guna lahan hutan menjadi sistem kopi monokultur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penebangan hutan alam mengakibatkan limpasan dan erosi meningkat luar biasa. Limpasan permukaan kumulatif di hutan alam hanya 27 mm, hanya sepertiga dari hutan yang baru ditebang (75 mm). Limpasan permukaan terbesar terjadi pada tanaman kopi berumur 3 tahun (124 mm) dan kehilangan tanah terbesar terjadi pada tanaman kopi berumur 1 tahun. Selain itu, penelitian Rajati (2006) di hutan Cipadayungan Sumedang, di areal Perum Perhutani Unit III Jawa Barat dalam rangka optimalisasi pemanfaatan lahan kehutanan pada aspek kemiringan lereng dan besarnya erosi menunjukkan bahwa erosi yang terjadi pada kelas kemiringan lereng 0-15% dan 15-30% adalah erosi yang masih dapat ditolerir, sedangkan erosi pada kemiringan lereng >30 % lebih besar dari erosi yang

dapat ditolerir.

Hutan dan pemanasan global. Masalah hangat dunia yang terkait dengan isu lingkungan saat ini adalah masalah pemanasan global dan perubahan iklim dunia dimana pada tanggal 3-14 Desember 2007 Indonesia menjadi tuan rumah KIT dunia tentang Pemanasan Global dan Perubahan Iklim yang diselenggarakan oleh PBB. Serentak pula masyarakat Indonesia menyambutnya dengan gerakan penanaman 10 juta pohon. Pembangunan hutan mempunyai peran yang penting dalam kaitannya dengan isu ini.

Pemanasan global adalah meningkatnya suhu permukaan bumi yang disebabkan oleh kenaikan intensitas efek rumah kaca (ERK). Efek rumah kaca terjadi karena meningkatnya gas-gas rumah kaca (GRK), seperti H₂O, CO₂, Ozon, N₂O, CFC, radiasi sinar inframerah dan radiasi lain dari bumi yang semula lepas ke angkasa luar terperangkap oleh GRK yang menyebabkan peningkatan suhu permukaan bumi. Sekitar 50% pemanasan global disebabkan oleh CO₂, dimana emisi CO₂ disebabkan oleh penggunaan bahan bakar fosil dan kerusakan/pembakaran hutan.

Proses di alam yang dapat mengubah CO₂ menjadi bahan organik dan O₂ hanya tumbuhan melalui proses fotosintesis, sehingga penanaman dan pertumbuhan pohon merupakan salah satu harapan untuk mengurangi pemanasan global dengan memperbanyak penanaman pohon terutama tanaman pohon cepat tumbuh. Adanya O₂ di atmosfer benar-benar karena adanya tumbuhan, sementara O₂ adalah lambang kehidupan.

Disamping itu pohon dan hutan menyimpan CO₂ dalam bentuk biomassa, serasah dan humus. Hampir 50 % biomassa hutan adalah berupa C, jika rata-rata hutan tropika kita mempunyai biomassa 400 ton/ha, maka dia menyimpan 200 ton C/ha. Jadi disamping menyimpan C, pohon yang sedang tumbuh juga menyerap CO₂ dan sebagian besar disimpan dalam bentuk biomassa. Oleh karena itu, dalam Kyoto Protokol salah satu cara mengurangi emisi CO₂ di atmosfer dengan mekanisme fleksibel, yaitu negara maju emitor C dapat memberikan kompensasi kepada negara berkembang yang mau menanam dan menjaga hutannya (perdagangan karbon).

Penanaman pohon dalam pembangunan hutan jelas merupakan salah satu usaha penyerapan C_h yang dapat mengurangi ERK. Penanaman dengan jenis cepat tumbuh dan dalam daur tertentu dipanen dan ditanami kembali, apalagi jika produk hasil kayu yang diperoleh digunakan untuk barang awet (*polywood*, kayu konstruksi, dan kayu serpih), maka penyerapan dan penyimpanan C_h akan berlipat lebih tinggi dibandingkan hutan alam, karena hutan alam yang sudah klimaks tidak banyak menyerap CO₂ lagi. Mekanisme ini hendaknya juga dapat menjadi salah satu mekanisme fleksibel dalam perdagangan karbon.

Jika pembangunan hutan dengan menanam jenis

cepat tumbuh *Acacia mangium* dengan riap pada umur 10 tahun sebesar 43, 9 m³/ha/tahun (Alrasyid 1984) atau riap diameter batang *Acacia mangium* diperkirakan 2 cm/th/pohon, pada umur 10 tahun setiap ha terdapat 500 pohon dengan diameter mencapai 20 cm dan tinggi dapat mencapai 10 m, dengan angka bentuk pohon 0,7, maka volume per pohon mencapai sekitar 0,94 m³/pohon atau untuk 500 pohon/ha mencapai 469 m³/ha. Jika massa jenis *Acacia mangium* rata-rata 600 kg/m³, maka biomassa *Acacia mangium* tersebut mencapai 281.400 kg atau 281,4 ton. Jika kadar C dalam biomassa sebesar 50% maka kadar C yang tersimpan dalam biomassa tersebut sebanyak 140,7 ton atau 516,4 ton CO₂/ha. Jika tiap tahun hutan tersebut dapat menanam 1000 ha saja maka selama 10 tahun CO₂ yang disimpan dalam bentuk biomassa sebanyak 0,52 juta ton CO₂.

Saat ini, telah banyak penelitian kandungan biomassa di hutan tanaman di Jawa dan di luar Jawa, baik dengan pengukuran langsung (panen) maupun dengan cara allometrik. Rusolono (2006) mendapatkan data biomassa hutan sengon murni sebesar 162,4 ton/ha, dan hutan sengon campuran sebesar 147,6 ton/ha di Jawa. Ismail (2005) menyatakan bahwa untuk hutan *Acacia* di PT. MHP (pada diameter pohon 5,6-13,1 cm) diperoleh data biomassa sebesar 14,86 ton/ha. Langi (2007), untuk tegakan cempaka dan wasian (*Elmerrillia* sp.) di Sulawesi Utara melaporkan nilai biomassa masing-masing sebesar 299,85 ton/ha dan 254,83 ton/ha.

Sebagai ilustrasi, Soemarwoto (1991) melaporkan

bahwa untuk menyerap kembali CO₂ yang dihasilkan oleh penggunaan bahan bakar fosil batubara dalam pembangkit tenaga listrik PLTU 100 MW diperlukan hutan tanaman *Eucalyptus* seluas 14.000 ha.

Da Sil va *et al.* (1999) telah melakukan pengukuran biomassa dan akumulasi hara di hutan *Eucalyptus grandis* (untuk tujuan pulp dan kertas) di Brazil pada 45 contoh kayu berumur 3,5 dan 7 tahun yang mempunyai jarak tanam 3x2 m. Hasil penelitian menunjukkan bahwa akumulasi hara lebih banyak terjadi pada umur antara 3-5 tahun yaitu sebesar 223%, sedangkan umur 5-7 tahun kenaikan akumulasi hara hanya 20%. Persaingan antara pohon kemungkinan menjadi alasan penurunan tersebut. Jumlah hara Ca, K dan P naik dari tahun ketiga ke tahun ketujuh, sementara N dan Mg turun setelah tahun kelima. Laju akumulasi biomassa pada kulit lebih rendah dibandingkan dengan laju akumulasi pada kayu untuk semua umur. Data akumulasi hara dan biomassa pada kayu di hutan *Eucalyptus grandis* pada umur 3, 5 dan 7 tahun dapat dilihat pada Tabel 1.

Lasco *et al.* (2004) melaporkan bahwa riap biomassa dan karbon pada tegakan hutan tanaman yang cepat tumbuh (*Paraserianthes falcataria* dan *Gmelina arborea*) semakin kecil, maka semakin meningkatnya umur yang relative lebih besar daripada hutan alam (Tabel 2).

Sementara biomassa di atas tanah dan kerapatan karbon hutan di Filipina dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 1. Akumulasi hara dan biomassa kayu pada tegakan hutan *Eucalyptus grandis* pada umur 3, 5, dan 7 tahun

Umur (tahun)	Akumulasi hara (g)					Biomassa (kg)
	N	P	K	Ca	Mg	
3	44.5	5.5	43.9	44.9	11.7	38.8
5	78.5	10.6	56.0	87.0	28.5	88.8
7	78.1	18.4	67.1	107.9	23.2	106.8

Tabel 2. Riap rata-rata tahun (MAI) biomassa dan karbon di hutan tanaman di Mindanao, Filipina.

Jenis	Umur (tahun)	Biomassa (ton/ha/ly)	MAI (ton C/ha th)
<i>Paraserianthes falcataria</i> 1	4	20.20	7.82
<i>Paraserianthes falcataria</i> 2	5	11.20	6.80
<i>Paraserianthes falcataria</i> 3	7	8.40	6.20
	7	2.20	0.52
<i>Paraserianthes falcataria</i> 5	9	5.30	5.41
	9	3.70	1.44
<i>Gmelina arborea</i> 1	7	11.30	5.51
<i>Gmelina arborea</i> 2	9	10.50	4.37
<i>Gmelina arborea</i> 3	9	9.60	4.32
<i>Swietenia macrophylla</i>	16	19.60	7.33
Hutan alam	100	4.90	1.19

Catatan : %C = 45%

Tabel 3. Biomassa di atas tanah dan stok karbon hutan di Filipina

Tipe Hutan	Umur (th)	Kadar C (%)	Biomassa (ton/ha)	Stok karbon (ton/ha)	Lokasi
Hutan Alam :					
Hutan Lindung Primer		50	370-520	165-260	Makiling

Hutan Sekunder	44.6	465.9	207.9	Makiling
Semak Belukar	45.4	63.8	29.0	Makiling
Hutan Tanaman :				
<i>Gmelina arborea</i>	9 45.0	120.7	54.3	Mindanao
<i>Paraserianthes falcataria</i>	9 45.0	108.2	48.7	Mindanao
<i>Acacia auriculiformis</i>	9 45.0	42.5	19.1	E.Ecija
<i>Tectona grandis</i>	13 45.0	22.3	10.0	E.Ecija
<i>Pinus kesiya</i>	13 45.0	107.8	48.5	E.Ecija
<i>Eucalyptus pellita</i>	4 45.0	34.0	15.3	E.Ecija
Dipterocarpaceae	80 45.0	132.3	59.0	Makiling
Alang-alang	44.5	20.1	8.9	
Agroforestry :				
Kelapa + Kopi	44.0	99.2	43.6	Makiling
Coklat + Narra	44.0	191.6	84.3	Makiling

Daftar Pustaka

- New York.
- Alrasyid H. 1984. Aspek-aspek pembangunan HTI. Proceeding Lokakarya Pembangunan Timber Estates, Kini Menanam Esok Menganan, 29-31 Maret 1984, Fakultas Kehutanan IPB.
- Da Silva HD, Ferreria CA, Beloote AFJ. 1999. Quantification of the biomass and nutrients in the trunk of *Eucalyptus grandis* at different ages. Workshop Proceedings: Rehabilitation of Degraded Tropical Forest Ecosystems. V, Kobayashi S. *et al.* (Ed.). Bogor, 2-4 November 1999. Indonesia.
- Departemen Kehutanan. 2005. Rencana strategis Departemen Kehutanan Tahun 2005-2009. Departemen Kehutanan Republik Indonesia, Jakarta.
- Irsyaimulana E. 2004. Dampak kepadatan penutupan tanah dan ketebalan serasah terhadap limpasan permukaan dan erosi di Sumberjaya, Lampung. Jurusan tanah, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Kompilasi Abstrak Agroforestri di Indonesia. Arifin *et al.* (editor). IPB-INAFF-SEANAF-ICRAF.
- Janson CH. 1983. Adaptation of fruit morphology to dispersal agents in a neotropical forest. *Science*, 219: 187-189.
- Jordan CF. 1985. Nutrient cycling in tropical forest ecosystem. John Wiley & Sons, New York.
- Kartodihardjo H, Supriono A. 2000. The impacts of sectoral development on natural forest conversion and degradation: the case of timber and tree crop plantations in Indonesia. Center for International Forestry Research (CIFOR). Bogor.
- Lal R. 1981b. Deforestation of tropical rainforest and hydrological problems. In R. Lal and E.W. Russell (eds), Tropical agricultural hydrology: watershed management and land use, pp. 131-140. Wiley, New York.
- Langi YAR. 2007. Model penduga biomassa karbon dan potensi serapan karbon pada tegakan hutan rakyat cempaka dan warisan [tesis]. Sekolah Pascasarjana IPB. Tidak diterbitkan.
- Lasco RD, Pulhin FB, Roshetko JM, Banaticia MRN. 2004. LULUCF (Climate Change Mitigation Projects in the Philippines: A Primer. World Agroforestry Centre.
- Mangundikoro A. 1984. Rencana Umum Pembangunan Timber Estates. Proceeding Lokakarya Pembangunan Timber Estates, Kini Menanam Esok Menganan, 29-31 Maret 1984, Fakultas Kehutanan IPB.
- Nawir, Murniati AA, Rumboko L. 2008. Rehabilitasi hutan di Indonesia: Akan kemanakah arahnya setelah lebih dari tiga dasawarsa?. Center for International Forestry Research (CIFOR). Bogor.
- Rajati T. 2006. Optimalisasi pemanfaatan lahan kehutanan dalam rangka peningkatan kualitas lingkungan dan kesejahteraan sosial ekonomi masyarakat desa sekitar hutan (Studi kasus di Kabupaten Sumedang). [disertasi]. Sekolah Pascasarjana IPB.
- Rusolono T. 2006. Model pendugaan persediaan karbon tegakan agroforestry untuk pengelolaan hutan milik melalui skema perdagangan karbon [disertasi]. Sekolah Pascasarjana Fakultas Kehutanan IPB. Tidak diterbitkan.
- Soemarwoto O. 1991. Indonesia dalam kancah isu lingkungan global. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Vitousek PM, Matson PA. 1984. Mechanisms of nitrogen retention in forest ecosystem: a field experiment. *Science*, 225: 51-52.
- Wade MK, Sanchez PA. 1983. Mulching and green

manure applications for continuous crop production in the Amazon Basin. *Agronomy Journal*, 75: 39-45.

Widianto, Suprayono D, Noveras H, Widodo RH, Purnomosidhi P, Noordwijk MV. 2004. Konversi hutan menjadi lahan pertanian: apakah fungsi hidrologis hutan dapat digantikan sistem kopi monokultur. *Kompilasi Abstrak Agroforestri di Indonesia*. Arifin *et al.* (editor). IPB-INAFE-SEANAFE-ICRAF.